



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy  
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0256**ENGINEERING SCIENCES**

Received: May 2011

Accepted: October 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

Turan Yıldız

Servet Yıldız

Oğuzhan Keleştemur

Yakup Bölükbaş

Bahar Demirel

Firat University

[turan.yildiz@mynet.com](mailto:turan.yildiz@mynet.com)

Elazığ-Turkey

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ATIK MERMER TOZU VE CAM LİF KATKILI BETONLARIN  
YARMADA ÇEKME DAYANIMLARININ TAHMİNİ****ÖZET**

Bu çalışmada; 4 farklı oranda cam lif ilave edilerek elde edilen 300 ve 350 dozlu betonlara filler malzeme ile hacimce %25, 50, 75 ve 100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edildi. Elde edilen numunelerin ultrases geçiş hızları, porozite değerleri, basınç dayanımları ve yarmada çekme dayanımları belirlendi. Yapay sinir ağına (YSA) girdi seti olarak dozaj, agrega miktarı, lif oranı, mermer tozu oranı, porozite, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı değerleri seçilerek yarmada çekme dayanımları tahmin edildi. Çalışma sonucunda, geliştirilen YSA modeli ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırıldı ve sonuçların uyum içerisinde olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Cam Lif, Atık Mermer Tozu, Beton,  
Yapay Sinir Ağı, Yarmada Çekme Dayanımı

**ESTIMATION OF SPLITTING TENSILE STRENGTH OF CONCRETES WITH WASTE  
MARBLE DUST AND GLASS FIBRE BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORK****ABSTRACT**

In this study, filler material and %25, 50, 75 and 100 volume ratio waste marble dust which can be used in place of filler material, added to 300 and 350 dosages concrete obtained by adding glass fibre in four different ratios. Splitting tensile strength, compressive strength, porosity and ultrasonic pulse velocity of obtained sample is detected. Approximate estimation of splitting tensile strength performed via selecting dosages, amount of aggregate, fibre ratio, marble dust ratio, porosity, ultrasonic pulse velocity and splitting tensile strength as an input of Artificial Neural Network (ANN). As a result of this study, developed ANN model compared with the obtained experimental values and it was detected that results match with each other.

**Keywords:** Glass Fibre, Waste Marble Dust, Concrete,  
Artificial Neural Network, Splitting Tensile Strength

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Lifli beton; su, çimento, ince ve kaba agrega ve betonun içine gelişigüzel katılmış metal, naylon, cam, çelik, polypropylen, mika, kevlar ve benzeri gibi liflerden oluşan bir beton türüdür. Tarifinden de anlaşılacağı üzere, lifli beton normal betonun bir çeşit katkı maddesiyle takviye edilmiş bir türüdür. Betonun düşük çekme dayanımı, gevrek bir malzeme oluşu, rötire ve sünmeden dolayı oluşan güçlükler, öngerilmeli ve kütle betonlarda, derz yapılmasına imkân olmayan yerlerde, betonun darbe ve yorulmaya maruz kaldığı yerlerde, devamlı ve yüksek ısı değişimi şartlarında betonun istenilen düzeyde vazife görmesini engellemektedir. Bu şartlar altında betonun ihtiyaca cevap verebilecek şekilde katkı maddesi ile takviyesi şarttır. Artan basınç ve çekme dayanımı elastisite modülü, dayanıklılığı ve yüksek darbe mukavemeti ile lifli beton bu ihtiyaçlara cevap verebilecek bir malzeme olarak uygulama sahası bulabilmiştir [1]. Cam lif katkılı betonlarda lifler, betonda erken dönemde oluşacak mikro çatlakların gelişimini engelleyerek veya geciktirerek betonun çekme dayanımını ve tokluğunu arttırmak amacıyla kullanılmaktadır [2 ve 3].

Beton performansını arttıran çözümlerden bir diğeri de beton içerisinde kullanılan atık mermer tozudur. Mermer atıklarının beton üretiminde kullanılması üzerine yapılan çalışmalarda, mermer tozu katkısının betonun bazı özellikleri üzerine olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir [4, 5 ve 6].

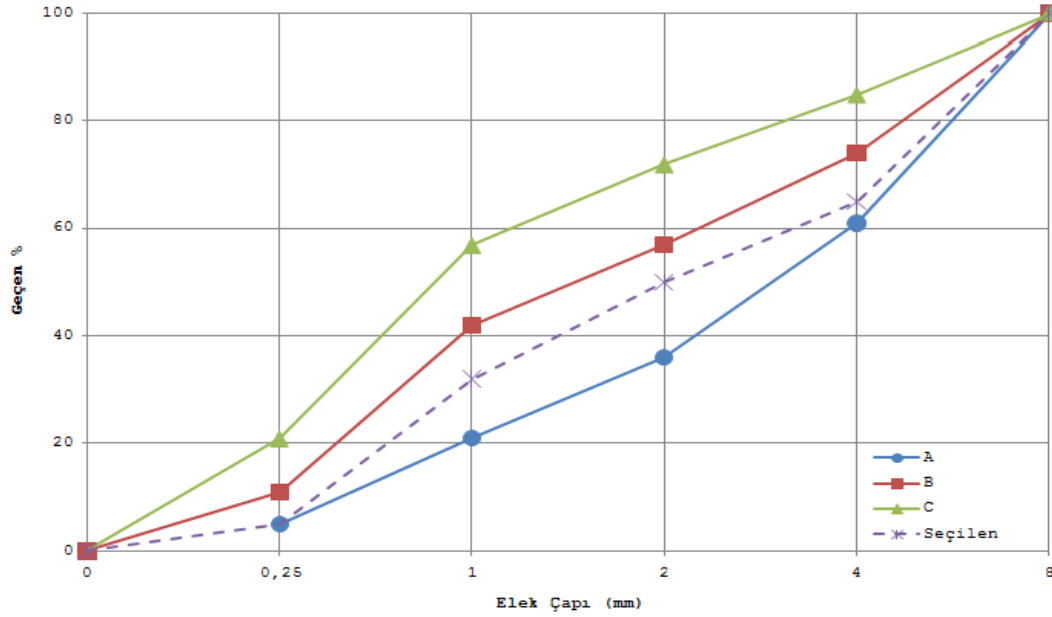
Yapay Sinir Ağları, insan beyni çalışma prensibini kendine model edinmiş yapay sistemlerdir. Bir Yapay Sinir Ağı birbirleri ile paralel ve birbirine bağlı nöron elemanların hiyerarşik organizasyonundan oluşur. Yapay Sinir Ağlarının konvansiyonel yöntemlere oranla bir problemi, problemin kendi özelliğine ait bir takım matematiksel formüller kullanarak çözmek yerine problemi örnekler üzerinden öğrenmeleri, değişen şartlara uyumlu olabilmeleri ve gürültülü datalardan bir problemin özünü öğrenebilmeleri gibi avantajları nedeniyle özellikle mühendislik de çok geniş bir potansiyonel uygulama alanına sahiptir [7 ve 8].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, farklı oranlarda cam lif ihtiva eden 300 ve 350 dozlu betonlara filler malzeme olarak atık mermer tozu ilave edildi. Elde edilen numunelerin yarmada çekme dayanımlarını yapay sinir ağı (YSA) ile belirleyebilmek amacıyla, YSA'nın girdi seti olarak dozaj, agrega miktarı, lif oranı, mermer tozu oranı, porozite, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı değerleri seçildi. Çalışma sonucunda, geliştirilen YSA modeli ile deneysel olarak elde edilen veriler karşılaştırılarak, geliştirilen tahmin sisteminin güvenilir olup olmadığı belirlendi.

## 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deney çalışmalarında kullanılan beton numunelerin hazırlanması amacıyla, agrega olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış dere agregası kullanılmıştır. Kullanılan agreganın maksimum dane çapı 8 mm seçilmiş ve bu agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Agrega granülometri eğrisi  
(Figure 1. The grading curve of aggregate)

Çalışmalarda çimento olarak, Çimentaş Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I tipi PÇ 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun özellikleri [9]  
(Table 1. The properties of cement [9])

Kimyasal Kompozisyon (%)		Fiziksel Özellikler	
SO <sub>3</sub>	2,69	Özgül Ağırlık (mg/m <sup>3</sup> )	3,12
MgO	2,1	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3749
CI	0,005	Priz Başlangıcı (Dakika)	161
Serbest Kireç	0,5	Priz Sonu (Saat)	04,20
Çözünmeyen Kalıntı	0,26	Su İhtiyacı (Vicat Suyu) (%)	29,6
Kızdırma Kaybı	1,58	Hacim Sabitliği (mm)	0,4
Eşdeğer Alkali (Na <sub>2</sub> O+0,658K <sub>2</sub> O)	-	2Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22,4
		7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39,4
		28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51

Beton numunelerde lif katkısı olarak, Cam Elyaf Sanayi A.Ş. tarafından üretilen EMAT(1) cam lif keçeleri kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Cam lif özellikleri [10]  
(Table 2. The properties of fiber glass [10])

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m <sup>3</sup> )	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	12	14	2,68	72000	1700

Çalışmada mermer tozu katkısı olarak, Elazığ Alacakaya Mermer ve Maden İşletmesi San. ve Tic. A.Ş. tarafından üretilen iki ayrı mermer türünün (Elazığ vişne, Hazar bej) üretimleri sırasında açığa çıkan sulu atıkları kurutulup öğütülerek kullanılmıştır. Atık mermer tozu olarak kullanılacak ürünün elde edildiği mermer malzemelerin özellikleri Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Mermer özellikleri [11]  
(Table 3. The properties of marble [11])

Elazığ Vişne Mermeri		Hazar Bej Mermeri	
Mohs Sertliği	3,5-4	Mohs Sertliği	3-4
Shore Sertliği	53	Shore Sertliği	55
Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	2,69	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	2,69
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,7	Ağırlıkça Su Emme (%)	0,14
Görünür Gözeneklilik (%)	1,86	Görünür Gözeneklilik (%)	0,36
Tek Eksenli Basınç Day. (MPa)	94,5	Tek Eksenli Basınç Day. (MPa)	61,4
Çekme Dayanımı (MPa)	8,54	Çekme Dayanımı (MPa)	5,65
Eğilme Dayanımı (MPa)	13,50	Eğilme Dayanımı (MPa)	14
Darbe Dayanımı (MPa)	1,2	Darbe Dayanımı (MPa)	2,0

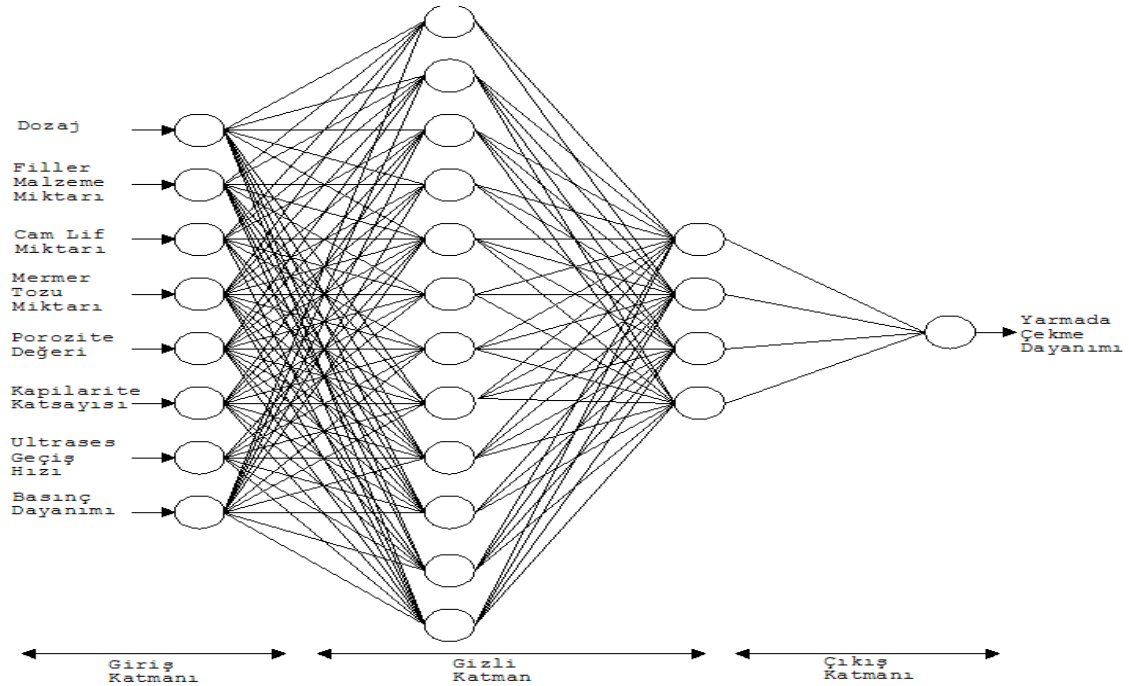
Beton numunelerin üretimi esnasında, artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, Sika yapı kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sikament 98R ürün kodlu süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi deneylerde, üretici firma talimatlarına uygun olarak çimento ağırlığının %1 oranında kullanılmıştır. Deneylerde karışım suyu olarak Elazığ şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan 100 mm' lik küp beton numuneler, TS 802 [9]'de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Karışım hesabında su-çimento oranı olarak tüm serilerde 0.60 olarak belirlenmiştir. 300 ve 350 doz olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında, karışıma 5, 10, 15, 20 kg/m<sup>3</sup> oranlarında kırılmış cam lif ilave edilmiştir. Ayrıca beton karışımlarına hacimce filler malzeme yerine %25, 50, 75, 100 oranlarında atık mermer tozu ilave edilmiştir. Kontrol numunelerini de içeren 50 seri beton elde edilmiştir. Numunelerin kodlanmasında kontrol (K), cam lifli numuneler (CE), çimento dozajı (D), mermer tozu katkısı (MT) olacak şekilde bir sistem kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin karışım oranları Tablo 4' de verilmiştir. 24 saat sonunda kalıptan çıkarılan beton numuneler 28 gün boyunca 22±3 °C kirece doymun suda kür edilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler üzerinde TS EN 772-4 [12]' e uygun olarak porozite tayini deneyi, ASTM C597-83 [13]' ye uygun olarak ultrases geçiş hızı deneyi, TS 4045 [14]' e uygun olarak kapiler su emme tayini deneyi, TS EN 12390-3 [15]' ye uygun şekilde basınç dayanımı deneyi ve TS EN 12390-6 [16]' ye uygun olarak yarmada çekme dayanımı tayini deneyi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları  
(Table 4. The amount of material for mixture)

Numune	Çimento (kg)	Su (kg)	(0-0,25) Agrega (kg)	(0,25-4) Agrega (kg)	(4-8) Agrega (kg)	Cam Lif Miktarı (kg)	Mermer Tozu Miktarı (kg)
D300-K	300	190	85	1025	598	0	0
D300-CE0-MT25	300	190	64	1025	598	0	21
D300-CE0-MT50	300	190	43	1025	598	0	43
D300-CE0-MT75	300	190	21	1025	598	0	64
D300-CE0-MT100	300	190	0	1025	598	0	85
D300-CE5-MT0	300	190	85	1025	598	5	0
D300-CE5-MT25	300	190	64	1025	598	5	21
D300-CE5-MT50	300	190	43	1025	598	5	43
D300-CE5-MT75	300	190	21	1025	598	5	64
D300-CE5-MT100	300	190	0	1025	598	5	85
D300-CE10-MT0	300	190	85	1025	598	10	0
D300-CE10-MT25	300	190	64	1025	598	10	21
D300-CE10-MT50	300	190	43	1025	598	10	43
D300-CE10-MT75	300	190	21	1025	598	10	64
D300-CE10-MT100	300	190	0	1025	598	10	85
D300-CE15-MT0	300	190	85	1025	598	15	0
D300-CE15-MT25	300	190	64	1025	598	15	21
D300-CE15-MT50	300	190	43	1025	598	15	43
D300-CE15-MT75	300	190	21	1025	598	15	64
D300-CE15-MT100	300	190	0	1025	598	15	85
D300-CE20-MT0	300	190	85	1025	598	20	0
D300-CE20-MT25	300	190	64	1025	598	20	21
D300-CE20-MT50	300	190	43	1025	598	20	43
D300-CE20-MT75	300	190	21	1025	598	20	64
D300-CE20-MT100	300	190	0	1025	598	20	85
D350-K	350	220	79	953	556	0	0
D350-CE0-MT25	350	220	60	953	556	0	20
D350-CE0-MT50	350	220	40	953	556	0	40
D350-CE0-MT75	350	220	20	953	556	0	60
D350-CE0-MT100	350	220	0	953	556	0	79
D350-CE5-MT0	350	220	79	953	556	5	0
D350-CE5-MT25	350	220	60	953	556	5	20
D350-CE5-MT50	350	220	40	953	556	5	40
D350-CE5-MT75	350	220	20	953	556	5	60
D350-CE5-MT100	350	220	0	953	556	5	79
D350-CE10-MT0	350	220	79	953	556	10	0
D350-CE10-MT25	350	220	60	953	556	10	20
D350-CE10-MT50	350	220	40	953	556	10	40
D350-CE10-MT75	350	220	20	953	556	10	60
D350-CE10-MT100	350	220	0	953	556	10	79
D350-CE15-MT0	350	220	79	953	556	15	0
D350-CE15-MT25	350	220	60	953	556	15	20
D350-CE15-MT50	350	220	40	953	556	15	40
D350-CE15-MT75	350	220	20	953	556	15	60
D350-CE15-MT100	350	220	0	953	556	15	79
D350-CE20-MT0	350	220	79	953	556	20	0
D350-CE20-MT25	350	220	60	953	556	20	20
D350-CE20-MT50	350	220	40	953	556	20	40
D350-CE20-MT75	350	220	20	953	556	20	60
D350-CE20-MT100	350	220	0	953	556	20	79

Çalışmada, beton numunelerin yarmada çekme dayanımlarının tahmin için ileri beslemeli (feed-forward) yapay sinir ağı modellenmiştir. Yapay sinir ağının eğitiminde hatanın geriye yayılım algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan YSA modeli Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan yapay sinir ağı modeli  
(Figure 2. Artificial neural network model used in study)

YSA modelinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 5' de, modelde kullanılan parametreler Tablo 6' da verilmiştir.

Tablo 5. YSA modelinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri  
(Table 5. ANN model used in the input and output variables)

Girdi ve çıktı değişkenleri	Eğitim ve test için kullanılan veriler	
	Minimum	Maksimum
Dozaj (kg)	300	350
Filler Malzeme Miktarı (kg)	0	85
Cam Lif Miktarı (kg)	0	20
Mermer Tozu Miktarı (%)	0	100
Porozite Değeri (%)	5,998	10,014
Kapilarite Katsayısı ( $10^{-3}$ cm/sn <sup>1/2</sup> )	0,629	2,221
Ultrases Geçiş Hızı (km/sn)	3,163	4,465
Basınç Dayanımı (MPa)	26,093	60,273
Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	3,395	5,028

Tablo 6. YSA modelinde kullanılan parametreler  
(Table 6. The parameter values used in the ANNmodel)

Giriş katmanındaki nöron sayısı	8
Gizli katman sayısı	2
Gizli katmandaki nöron sayısı	16
Çıktı katmanındaki nöron sayısı	1
Momentum katsayısı	0,90
Eğitim katsayısı	0,05
İterasyon sayısı	5000
Transfer fonksiyonu	Tanjant sigmoid

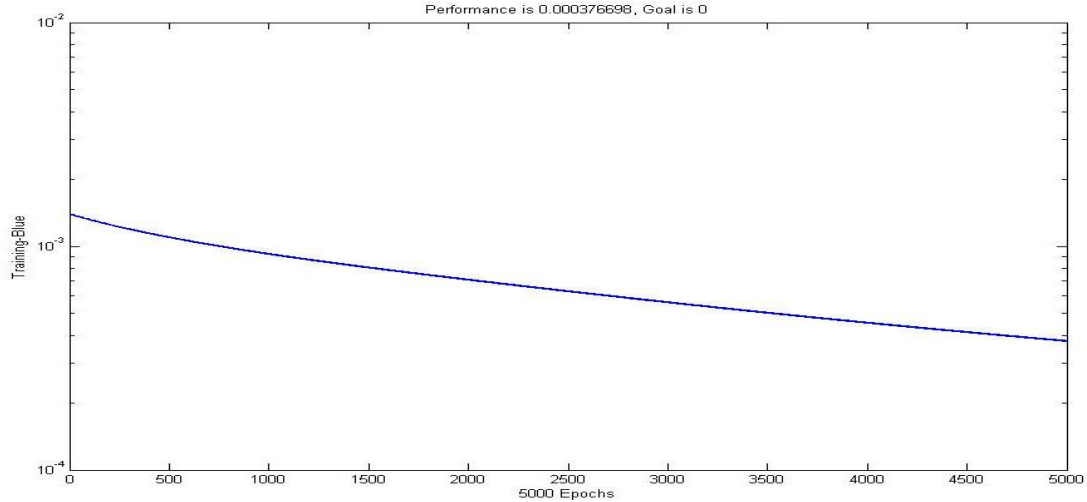
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda beton numunelere ait deneysel sonuçlar Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7. Numunelere ait deney sonuçları  
(Table 7. The experimental results of concrete specimens)

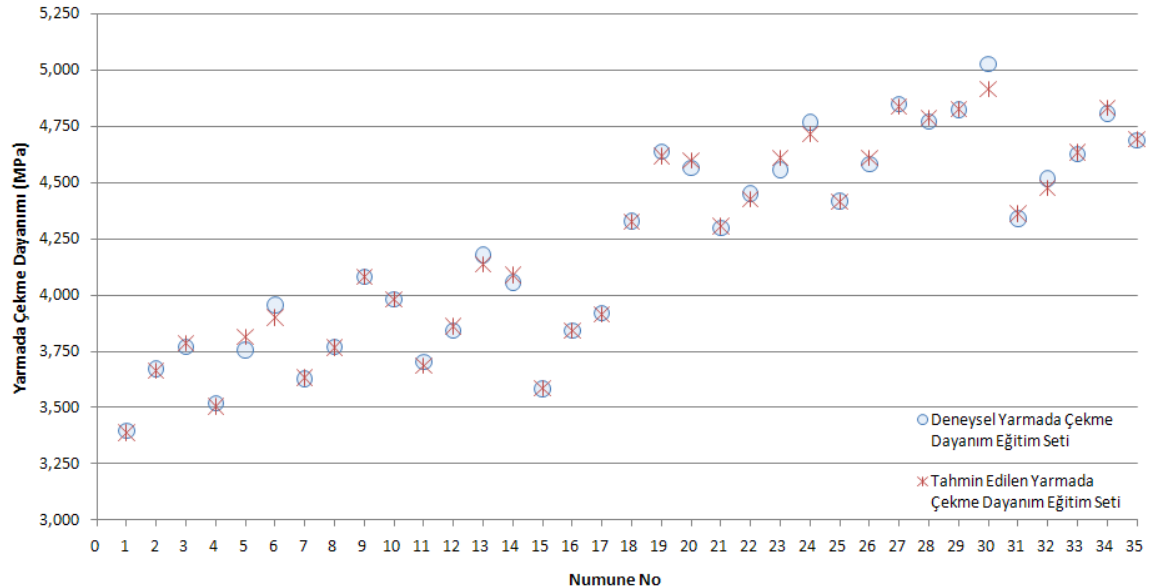
Numune	Porozite (%)	Kapilerite katsayısı ( $10^{-3}$ cm/sn <sup>1/2</sup> )	Ultrases geçiş hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
D300-K	7,130	0,902	3,949	37,343	3,395
D300-CE0-MT25	6,832	0,852	4,152	42,697	3,556
D300-CE0-MT50	6,500	0,839	4,302	44,693	3,673
D300-CE0-MT75	6,158	0,865	4,412	46,273	3,877
D300-CE0-MT100	5,998	1,006	4,465	44,920	3,769
D300-CE5-MT0	7,852	1,200	3,820	32,993	3,518
D300-CE5-MT25	7,536	1,155	4,039	38,197	3,662
D300-CE5-MT50	7,239	1,130	4,180	40,233	3,757
D300-CE5-MT75	6,920	1,170	4,283	42,247	3,956
D300-CE5-MT100	6,828	1,318	4,317	40,920	3,860
D300-CE10-MT0	8,523	1,524	3,692	31,590	3,628
D300-CE10-MT25	8,273	1,475	3,898	37,047	3,768
D300-CE10-MT50	7,939	1,457	3,947	39,933	3,874
D300-CE10-MT75	7,659	1,485	4,070	41,277	4,082
D300-CE10-MT100	7,583	1,657	4,129	40,021	3,980
D300-CE15-MT0	9,279	1,820	3,567	30,453	3,701
D300-CE15-MT25	8,968	1,779	3,767	36,013	3,841
D300-CE15-MT50	8,676	1,757	3,917	39,680	3,944
D300-CE15-MT75	8,337	1,786	3,972	40,900	4,179
D300-CE15-MT100	8,276	1,939	4,007	39,827	4,055
D300-CE20-MT0	10,014	2,126	3,433	26,093	3,583
D300-CE20-MT25	9,740	2,079	3,651	31,447	3,726
D300-CE20-MT50	9,441	2,058	3,803	33,347	3,842
D300-CE20-MT75	9,137	2,090	3,897	35,163	4,036
D300-CE20-MT100	9,014	2,221	3,935	34,163	3,921
D350-K	6,774	0,663	3,724	50,300	4,181
D350-CE0-MT25	6,584	0,638	3,852	55,230	4,328
D350-CE0-MT50	6,348	0,629	3,956	58,325	4,426
D350-CE0-MT75	6,218	0,640	4,084	60,273	4,638
D350-CE0-MT100	6,180	0,679	4,110	58,920	4,566
D350-CE5-MT0	7,213	0,902	3,581	43,890	4,298
D350-CE5-MT25	7,028	0,871	3,717	47,990	4,450
D350-CE5-MT50	6,850	0,861	3,828	50,333	4,558
D350-CE5-MT75	6,638	0,889	3,938	52,253	4,769
D350-CE5-MT100	6,558	0,910	3,970	51,117	4,655
D350-CE10-MT0	7,722	1,159	3,442	42,317	4,417
D350-CE10-MT25	7,504	1,124	3,551	47,797	4,582
D350-CE10-MT50	7,339	1,114	3,672	49,867	4,644
D350-CE10-MT75	7,113	1,133	3,790	51,550	4,850
D350-CE10-MT100	7,009	1,165	3,827	50,527	4,773
D350-CE15-MT0	8,234	1,416	3,301	41,250	4,578
D350-CE15-MT25	8,036	1,387	3,452	46,303	4,717
D350-CE15-MT50	7,873	1,370	3,563	48,787	4,823
D350-CE15-MT75	7,639	1,408	3,685	51,287	5,028
D350-CE15-MT100	7,547	1,428	3,718	49,737	4,916
D350-CE20-MT0	8,729	1,560	3,163	36,627	4,340
D350-CE20-MT25	8,523	1,535	3,301	42,253	4,517
D350-CE20-MT50	8,368	1,521	3,417	44,260	4,626
D350-CE20-MT75	8,161	1,540	3,528	46,860	4,807
D350-CE20-MT100	8,060	1,571	3,563	45,400	4,687

Yapay sinir ağı modellenmesinde deneysel 50 veri kullanılmıştır. Bunların 35 tanesi eğitim verisi, 15 tanesi ise test verisi olarak ayrılmıştır. Tüm veriler normalize edilerek Matlab 7.0.1 programının Neural Network modülü ile modellenen ağı girilmiştir.



Şekil 3. Eğitim işlemi sonucu oluşan ortalama karesel hata  
(Figure 3. The mean square error as a result of training process)

Eğitim verileri ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen en iyi sonuç olan modelin ortalama karesel hatasındaki azalma Şekil 3' de verilmiştir. Görüldüğü gibi eğitim sonrası oluşan ortalama karesel hata  $3,7.10^{-4}$  olarak bulunmuştur. Eğitim sonrası tahmin edilen yarmada çekme dayanım değerleri ile deneysel yarmada çekme dayanım değerleri arasındaki benzeşim ve oluşan benzeşim ilişkisi Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Eğitim işlemi sırasında deney sonuçları ile tahmin edilen sonuçlar arasındaki ilişki.

(Figure 4. The relationship between the predicted results with experimental results of training process)

Eğitim sonrası tahmin edilen yarmada çekme dayanımı ile deneysel



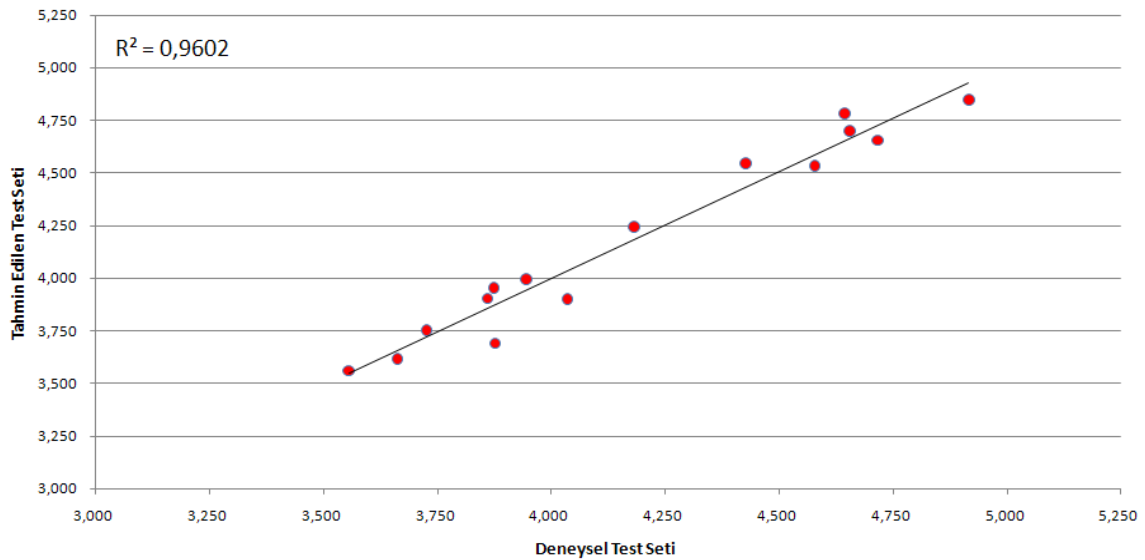
yarmada çekme dayanımı değerleri arasında oluşan korelasyon değeri  $R^2=0,9952$  olarak bulunmuştur.

Tablo 8. Test aşamasında deney sonuçları ile tahmin edilen sonuçlar arasındaki ilişki.

(Table 8. The relationship between the predicted results with experimental results of test process)

Numune	Deneysel Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	Tahmin Edilen Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)
D300-CE0-MT25	3,556	3,563
D300-CE0-MT75	3,877	3,690
D300-CE5-MT25	3,662	3,618
D300-CE5-MT100	3,860	3,905
D300-CE10-MT50	3,874	3,956
D300-CE15-MT50	3,944	3,995
D300-CE20-MT25	3,726	3,752
D300-CE20-MT75	4,036	3,902
D350-CE0-MT0	4,181	4,245
D350-CE0-MT50	4,426	4,547
D350-CE5-MT100	4,655	4,700
D350-CE10-MT50	4,644	4,784
D350-CE15-MT0	4,578	4,533
D350-CE15-MT25	4,717	4,655
D350-CE15-MT100	4,916	4,847

Test aşamasında, modele sadece girdi verileri girilerek çıktı değerleri olan yarmada çekme dayanımı değerleri tahmin ettirilmiştir. Test sonrasında tahmin edilen yarmada çekme dayanım değerleri ile deneysel yarmada çekme dayanım değerleri arasındaki benzeşim Tablo 8’de verilmiştir. Ayrıca deneysel yarmada çekme dayanımı ile tahmin edilen yarmada çekme dayanımı arasında oluşan korelasyon değeri  $R^2=0,9602$  olarak bulunmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Test aşamasında deney sonuçları ile tahmin edilen sonuçlar arasındaki korelasyon

(Figure 5. The correlation between the predicted results with experimental results of test process)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND COMMENDATIONS)

Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Eğitim aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,9952 seviyesindedir. Eğitim aşamasında tahmin edilen yarmada çekme dayanım değerleri, deneysel yarmada çekme dayanım değerleri ile benzerlik göstermektedir.
- Test aşamasında elde edilen korelasyon değeri 0,9602 seviyesindedir. Bu değer ele alındığında tahmin edilen yarmada çekme dayanım değerleri, deneysel yarmada çekme dayanım değerlerine %96 oranında benzerlik göstermiştir.
- Yapay sinir ağı modellemesinde daha fazla veri kullanımı ile test aşamasında elde edilen başarımların düzeyinin yükseltilmesi tahmin edilmektedir.
- Çalışma sonucunda, yapay sinir ağları kullanımı ile geliştirilen tahmin sistemlerinin güvenilir olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ağı modellemesi sırasında deneme yanılma sürecinin uzun ve durağan olması, yöntemin eksikliği olarak görülmüştür.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yıldız, S. ve Ulucan, Z.Ç., (2008). Beton Borularda Cam Lif Katkısının Tepe Yük Dayanımına Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt:23, Sayı:2, ss: 267-271.
2. Yıldız, S., Bölükbaş, Y. ve Keleştemur, O., (2010). Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi. Politeknik Dergisi, Cilt: 13, Sayı: 3, ss:239-243.
3. Bölükbaş, Y., (2011). Cam Elyaf Katkılı Beton Numunelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Ünal, O. ve Uygunoğlu, T., (2003). Atık Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma-Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Türkiye IV. Mermer Sempozyumu. Afyon, Bildiriler Kitabı, ss: 147-157.
5. Ünal, O. ve Kibici, Y., (2001). Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu. Afyon, Bildiriler Kitabı, ss: 317-325.
6. Demirel, B. ve Yazıcıoğlu, S., (2010). İnce Malzeme Olarak Kullanılan Atık Mermer Tozunun Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. International Sustainable Buildings Symposium. Ankara, Bildiriler Kitabı, ss: 173-176.
7. Acır, Ş., (2007). Beton Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde: Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. Öztemel, E., (2006). Yapay Sinir Ağları. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
9. Çimentaş Grup Elazığ. [http://www.cimentas.com.tr/index.php/tr/products/detail/PR\\_EZ\\_42\\_5\\_N](http://www.cimentas.com.tr/index.php/tr/products/detail/PR_EZ_42_5_N).
10. Cam Elyaf Sanayii A.Ş. <http://www.camelyaf.com.tr/urunlerimiz/detay.aspx?SectionID=ZHo2dvw%2fTooClChSdrytsA%3d%3d&ContentID=zM ZohgBeVsDvCSlSRj%2byMA%3d%3d>.
11. Alacakaya Mermer ve Maden İşletmesi San. ve Tic. A.Ş. <http://www.alacakaya.com.tr/>.
12. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2009). TS 802: Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları. Ankara.

13. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2000). TS EN 772-4: Kagit Birimler- Deney Metotları- Bölüm 4: Tabii Taş Kagit Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi İle Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini. Ankara.
14. ASTM, (2002). ASTM C597-83: Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Philadelphia.
15. Tasdemir, C., (2003). Combined Effects of Mineral Admixtures and Curing Conditions on the Sorptivity Coefficient of Concrete. Cement and Concrete Research, Cilt: 33, ss:1637-1642.
16. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2010). TS EN 12390-3: Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Ankara.
17. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2002). TS EN 12390-6: Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Yarmada Çekme Dayanımı Tayini. Ankara.